

# Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento  
Ambiental, Cultural  
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina  
(organizador)

VOL VI

 EDITORA  
ARTEMIS  
2025

# Ciência e Tecnologia

## Para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina  
(organizador)

VOL VI

 EDITORA  
ARTEMIS  
2025



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

<b>Editora Chefe</b>	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira
<b>Editora Executiva</b>	M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin
<b>Direção de Arte</b>	M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano
<b>Diagramação</b>	Elisangela Abreu
<b>Organizador</b>	Prof. Dr. Xosé Somoza Medina
<b>Imagem da Capa</b>	peacestock/123RF
<b>Bibliotecário</b>	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

#### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba  
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil  
Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, Estados Unidos  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal  
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México

Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*  
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*  
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*  
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*  
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof.ª Dr.ª Galina Gumovskaya – Higher School of Economics, Moscow, Russia  
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal  
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*  
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara, México*  
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*  
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*  
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*  
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*  
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*  
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal  
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil  
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*  
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*  
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*  
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil  
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*  
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil  
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*

Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*  
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba*  
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del Pais Vasco, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil  
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru*  
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University, Russia*  
Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colômbia*  
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León, Espanha*

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e tecnologia para o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico VI [livro eletrônico] / Organizador Xosé Somoza Medina. – Curitiba, PR: Artemis, 2025.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-51-2

DOI 10.37572/EdArt\_290525512

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Tecnologia – Aspectos ambientais. I. Somoza Medina, Xosé.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



## PRÓLOGO

La ciencia y la tecnología siguen siendo fuerzas impulsoras de las transformaciones sociales, culturales y ambientales de nuestro tiempo. Al mismo tiempo que responden a desafíos urgentes del presente, también iluminan caminos hacia futuros más sostenibles, más justos e inteligentes. Esta recopilación nace precisamente de ese impulso: el de pensar, crear y proponer soluciones a partir de la investigación científica y la innovación tecnológica, en diálogo con las realidades locales y los contextos globales.

Reunimos en ***Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico VI*** artículos de investigadores e investigadoras de distintas partes del mundo, comprometidos con la producción de un conocimiento riguroso, interdisciplinario y sensible a la complejidad de los temas contemporáneos. Los trabajos presentados abordan una amplia gama de cuestiones – desde la nanotecnología hasta la agricultura de precisión, desde la física aplicada hasta la expresión lingüística – conformando un panorama diverso que refleja los múltiples caminos de la ciencia en el siglo XXI.

Organizados en cuatro ejes temáticos – *Tecnología e Innovación en Salud e Industria, Ingeniería, Física Aplicada y Recursos Naturales, Sustentabilidad Agrícola y Transformaciones Climáticas, y Lenguaje, Cognición y Expresión Científica* – los textos aquí reunidos nos invitan a reflexionar sobre preguntas centrales de nuestro tiempo: ¿Cómo garantizar el acceso equitativo a las nuevas tecnologías médicas? ¿Cómo integrar soluciones de ingeniería a las urgencias ambientales? ¿De qué manera puede el avance agrícola responder al cambio climático sin agotar los recursos naturales? ¿Y cómo influye el lenguaje en la forma en que comprendemos y comunicamos el conocimiento científico?

Más que ofrecer respuestas definitivas, esta obra propone caminos para la reflexión y la acción, abriendo espacio para nuevas investigaciones, debates y colaboraciones. Cada autor y autora aporta una perspectiva única, y juntas estas voces amplían nuestra comprensión del papel transformador de la ciencia y la tecnología en el mundo contemporáneo.

Que este nuevo libro sea, para lectoras y lectores, una invitación a la curiosidad crítica, al pensamiento creativo y a la construcción de futuros posibles. Agradecemos a todos los involucrados por su confianza, dedicación y generosidad intelectual.

**Xosé Somoza Medina**

Universidad de León, España

## SUMÁRIO

### TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM SAÚDE E INDÚSTRIA

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

NAVEGANDO LOS DESAFÍOS EN LA NANOMEDICINA: ÉTICA, ACCESO Y PARTICIPACIÓN PÚBLICA

Jade Cristi Rivera Rossi

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2905255121](https://doi.org/10.37572/EdArt_2905255121)

#### **CAPÍTULO 2..... 7**

APLICACIÓN DE LA ELECTRICIDAD Y LA ELECTRÓNICA EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL: INTEGRACIÓN DE SENSORES, ELECTRO-NEUMÁTICA Y CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

Miguel Ángel Quiroz García

María del Carmen Nolasco Mata

Marycarmen Arana Altamirano

Violeta del Rocío Hernández Campos

Raymundo Escalante Wong

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2905255122](https://doi.org/10.37572/EdArt_2905255122)

### ENGENHARIA, FÍSICA APLICADA E RECURSOS NATURAIS

#### **CAPÍTULO 3..... 21**

SOLUCIÓN A LA ECUACIÓN DE ONDA PROPAGADA RADIALMENTE PARA EL CAMPO ELÉCTRICO EN COORDENADAS CILÍNDRICAS

Esteban Andrés Zárate

Mateo Márquez Arias

Israel Benjamín Sánchez Jiménez

Quintiliano Angulo Córdova

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2905255123](https://doi.org/10.37572/EdArt_2905255123)

#### **CAPÍTULO 4..... 31**

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS VARIACIONES DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO, DURANTE UNA QUEMA PRESCRITA

José German Flores-Garnica

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2905255124](https://doi.org/10.37572/EdArt_2905255124)

**CAPÍTULO 5..... 46**

DIAGNÓSTICO EXPERIMENTAL DO PROBLEMA DE REBAIXAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE BISKRA (ARGÉLIA)

Abderrahmane Noui

Zineb Guesbaya

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2905255125](https://doi.org/10.37572/EdArt_2905255125)

**SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA E TRANSFORMAÇÕES CLIMÁTICAS**

**CAPÍTULO 6..... 60**

BREEDING DROUGHT RESISTANCE AND HEAT TOLERANCE TO MITIGATE CLIMATIC CHANGE EFFECTS ON CROPS

Cándido López-Castañeda

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2905255126](https://doi.org/10.37572/EdArt_2905255126)

**CAPÍTULO 7 ..... 68**

CULTIVARES DE COENTRO FERTILIZADO COM A MISTURA DE ADUBOS ORGÂNICOS INCORPORADO AO SOLO NA REGIÃO SEMIÁRIDA 68

Paulo César Ferreira Linhares

Patrício Borges Maracajá

Aline Carla de Medeiros

José Nilson de Matos Fernandes

Lunara de Sousa Alves

Karen Geovana da Silva Carlos

Joaquim Odilon Pereira

Walter Martins Rodrigues

Fagno Dallino Rolim

Sonally Yasnara Sarmiento Medeiros Abrantes

Ordânio Pereira de Almeida

Maria Eduarda Sarmiento Medeiros Abrantes

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2905255127](https://doi.org/10.37572/EdArt_2905255127)

**CAPÍTULO 8.....82**

ADUBAÇÃO ORGÂNICA COM FLOR-DE-SEDA (*Calotropis procera*) EM ADIÇÃO COM ESTERCO BOVINO NA PRODUÇÃO DE RABANETE

Paulo César Ferreira Linhares

Lunara de Sousa Alves

Wyara Ferreira Melo

Aline Carla de Medeiros  
Joaquim Odilon Pereira  
Walter Martins Rodrigues  
Karen Geovana da Silva Carlos  
Sonally Yasnara Sarmiento Medeiros Abrantes  
Maria Eduarda Sarmiento Medeiros Abrantes  
Andressa Pedroza Pereira da Silva  
Ordânio Pereira de Almeida  
Fagno Dallino Rolim  
Francisco Andesson Bezerra da Silva

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2905255128](https://doi.org/10.37572/EdArt_2905255128)

**CAPÍTULO 9.....92**

AGRICULTURA DE PRECISÃO E FORMAÇÃO DIGITAL: O PAPEL TRANSFORMADOR DOS AGRICULTORES NO PROJETO HIBA

Elsa da Piedade Chinita Soares Rodrigues

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2905255129](https://doi.org/10.37572/EdArt_2905255129)

**CAPÍTULO 10.....107**

INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LA TRANSFERENCIA DE MATERIA EN ZANAHORIAS COCIDAS

Oscar Daniel Galvez  
Mariela Beatriz Maldonado  
Juan Ignacio González Pacheco

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_29052551210](https://doi.org/10.37572/EdArt_29052551210)

**LINGUAGEM, COGNIÇÃO E EXPRESSÃO CIENTÍFICA**

**CAPÍTULO 11..... 116**

THE EXPRESSION TECHNIQUES OF “IRREVOCABLE SADNESS” AND “INVISIBILITY”: BRAUTIGAN’S POETICS AS UNVERBALIZED ABSENCE THE SYMBOLIC FUNCTION OF SPECIFIC NUMBERS (3003, 45, 33) AND THE INTERSECTION OF CYCLICAL TIME, ETERNAL PRESENT, AND POETIC NUMEROLOGY IN WORKS FROM EARLY “THE MARBLE TEA” TO FINAL “SO THE WIND WON’T BLOW IT ALL AWAY” (AMERICAN LITERARY TRENDS 1950S-1980S)

Yasuko Kawahata

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_29052551211](https://doi.org/10.37572/EdArt_29052551211)

**CAPÍTULO 12 .....138**

FROM “NAI” (“NOT”) TO “MIRU” (“TO SEE”): AN ANALYSIS OF THE MULTI-LAYERED STRUCTURE OF LINGUISTIC RHYTHMS – TRACING THE FORMATION OF THE DIGITAL PUBLIC SPHERE AND SOCIAL SYNCHRONIZATION PHENOMENA THROUGH BASIC JAPANESE VOCABULARY FROM JANUARY 2011 TO MARCH 2015 –

Yasuko Kawahata

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_29052551212](https://doi.org/10.37572/EdArt_29052551212)

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 161**

**ÍNDICE REMISSIVO .....162**

# CAPÍTULO 10

## INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LA TRANSFERENCIA DE MATERIA EN ZANAHORIAS COCIDAS

Data de submissão: 16/05/2025

Data de aceite: 26/05/2025

### Oscar Daniel Galvez

Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Mendoza  
Departamento de Materias Básicas  
Mendoza – Argentina  
<https://orcid.org/0000-0003-4427-3994>

### Mariela Beatriz Maldonado

CONICET  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Mendoza  
Departamento de Ingeniería Química  
Mendoza – Argentina  
<https://orcid.org/0000-0002-4188-8005>

### Juan Ignacio González Pacheco

Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Mendoza  
Departamento de Ingeniería Química  
Mendoza – Argentina  
<https://orcid.org/0000-0002-4447-8562>

**RESUMEN:** Esta Tesis tiene por objetivo general estudiar la difusión del arsénico en las zanahorias. El objetivo específico fue medir cómo difunde el arsénico usando la ley de Fick, con concentraciones entre 5 y 15 mgL<sup>-1</sup> a una temperatura constante. Las zanahorias

enteras, con su piel, se cocinaron a 98°C en soluciones con diferentes niveles de arsénico (5, 10 y 15 mgL<sup>-1</sup>). Se cortaron las zanahorias en tres partes: superior, media e inferior. Para calcular los coeficientes de difusión del arsénico, se usó un modelo cilíndrico homogéneo. Se establecieron las condiciones para resolver el modelo matemático y seleccionar las fronteras y el mecanismo de difusión. Los resultados mostraron coherencia con el aumento de concentraciones de arsénico (5, 10 y 15 mgL<sup>-1</sup>) en la solución a 98°C durante 30 minutos de cocción. Los coeficientes de difusión promedios en la región superior fueron 1,45E-08, 1,49E-08 y 1,53E-08 m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> para concentraciones arsenicales de 5, 10 y 15 mgL<sup>-1</sup> respectivamente. Además, se observó que la concentración de arsénico se relacionaba con la distancia radial y la penetración en el tejido de la zanahoria, así como con la altura del corte. A 5 mgL<sup>-1</sup>, la difusión fue menor que a 10 y 15 mgL<sup>-1</sup> para los mismos tiempos, ya que la velocidad de avance del arsénico disminuyó con menor concentración. En las tres regiones (superior, media e inferior), el contenido de arsénico bajó desde la periferia hacia el centro de la zanahoria, similar a otros estudios de difusión de solutos en alimentos. Parte de los resultados y metodología fue publicada en la revista HELIYON.

**PALABRAS CLAVE:** arsénico; coeficientes efectivos de difusión; modelo cilíndrico; transferencia de masa; zanahoria.

## INFLUENCE OF ARSENIC CONCENTRATION ON MASS TRANSFER IN COOKED CARROTS

**ABSTRACT:** This thesis aims to study the diffusion of arsenic in carrots. The specific objective was to measure how arsenic diffuses using Fick's law, with concentrations ranging from 5 to 15 mgL<sup>-1</sup> at a constant temperature. Whole carrots, with their skin, were cooked at 98°C in solutions with different levels of arsenic (5, 10, and 15 mgL<sup>-1</sup>). The carrots were cut into three parts: upper, middle, and lower. To calculate the arsenic diffusion coefficients, a homogeneous cylindrical model was used. Conditions were established to solve the mathematical model and to select the boundaries and diffusion mechanism. The results showed consistency with the increasing arsenic concentrations (5, 10, and 15 mgL<sup>-1</sup>) in the solution at 98°C during 30 minutes of cooking. The average diffusion coefficients in the upper region were 1.45E-08, 1.49E-08, and 1.53E-08 m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup> for arsenic concentrations of 5, 10, and 15 mgL<sup>-1</sup>, respectively. Additionally, it was observed that the arsenic concentration was related to the radial distance and penetration into the carrot tissue, as well as the height of the cut. At 5 mgL<sup>-1</sup>, diffusion was lower than at 10 and 15 mgL<sup>-1</sup> for the same times, as the rate of arsenic advancement decreased with lower concentration. In all three regions (upper, middle, and lower), the arsenic content decreased from the periphery towards the center of the carrot, similar to other studies on solute diffusion in foods. Part of the results and methodology were published in the journal HELIYON.

**KEYWORDS:** arsenic; effective diffusion coefficients; cylindrical model; mass transfer; carrot.

### 1 INTRODUCCIÓN

El problema de preparar alimentos en áreas donde el agua contiene arsénico no ha sido bien estudiado. Por eso es importante investigar cómo se difunde el arsénico en las zanahorias. Esto es relevante porque el arsénico, que es muy tóxico y puede concentrarse durante la cocción. Además, la presencia de arsénico en los alimentos preocupa por sus posibles efectos negativos en la salud pública (Khosravi-Darani et al., 2022; Shrivastava, 2021; Upadhyay et al., 2019).

El arsénico (As) se encuentra de forma natural en el suelo y en formaciones geológicas, y puede llegar a las aguas subterráneas por disolución o lixiviación. Las actividades industriales también han aumentado las concentraciones de arsénico en varios lugares. Como resultado, muchos países han registrado niveles de arsénico en el agua potable que superan los límites permitidos por las normas vigentes. Este elemento entra en la cadena alimentaria principalmente a través del consumo y cocción con agua contaminada, la absorción por cultivos irrigados con esa agua y la ingesta de organismos marinos (CIMA, 2013; Marchetti et al., 2021; Smedley & Kinniburgh, 2002).

En los sistemas alimentarios, la transferencia de moléculas y solutos pequeños ocurre mediante varios mecanismos, siendo la difusión molecular el principal proceso

de transporte. La cuantificación y posterior modelación matemática que describe la difusión es necesario para entender tanto el movimiento del agua como la difusión de pequeñas moléculas y solutos en los alimentos, proporcionando resultados satisfactorios en ingeniería y procesos tecnológicos (Cussler, 2009; Saravacos & Maroulis, 2001; Tijssens et al., 2001).

## 2 DESARROLLO

Se utilizaron zanahorias híbridas bienales del tipo Nantesa de un productor en Mendoza, Argentina. Dado que la zanahoria es un material biológico, fue difícil predecir cómo se difundiría el arsénico en su matriz. Por lo tanto, se usó el grado de terneza como punto final del ensayo, ya que no había otro método de referencia. El tiempo de cocción se determinó según el grado de terneza en las regiones superior, media e inferior, con un objetivo de  $\leq 3,0 \text{ kg/m}^2$  (Galvez et al., 2018). Esto permitió suponer que las condiciones finales de cocción eran iguales para todas las zanahorias de un mismo lote y característica físico-biológicas semejantes. Se trabajó con tres concentraciones de arsénico: 5, 10 y 15  $\text{mgL}^{-1}$ . Las zanahorias enteras, con su piel, se cocinaron a  $98^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$  en un baño termostatzado Technicon Autoanalyzer II con agitación a 1150 rpm.

La solución de arsénico se preparó a partir de una solución madre de  $1000 \text{ mgL}^{-1}$  de arsénico, que contenía 1,320 g de trióxido de diarsénico ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) y 4,000 g de NaOH, y luego se diluyó con agua destilada (resistividad 100 mOhms) hasta 1 L (Rice et al., 2012). En cada ensayo se usaron 15 zanahorias y se tomaron 9 muestras de cada zanahoria para determinar el arsénico total. La cantidad de arsénico en la zanahoria se evaluó en función de la concentración de la solución de arsénico durante la cocción, manteniendo la temperatura constante, y se extrajeron tres zanahorias en cada intervalo de tiempo. Las zanahorias se cortaron para obtener muestras según la altura del corte (longitud de la zanahoria) y la distancia radial. La Figura 1 muestra la secuencia de cortes para la muestra de la región superior, y se siguió el mismo procedimiento para las muestras de las regiones media e inferior.

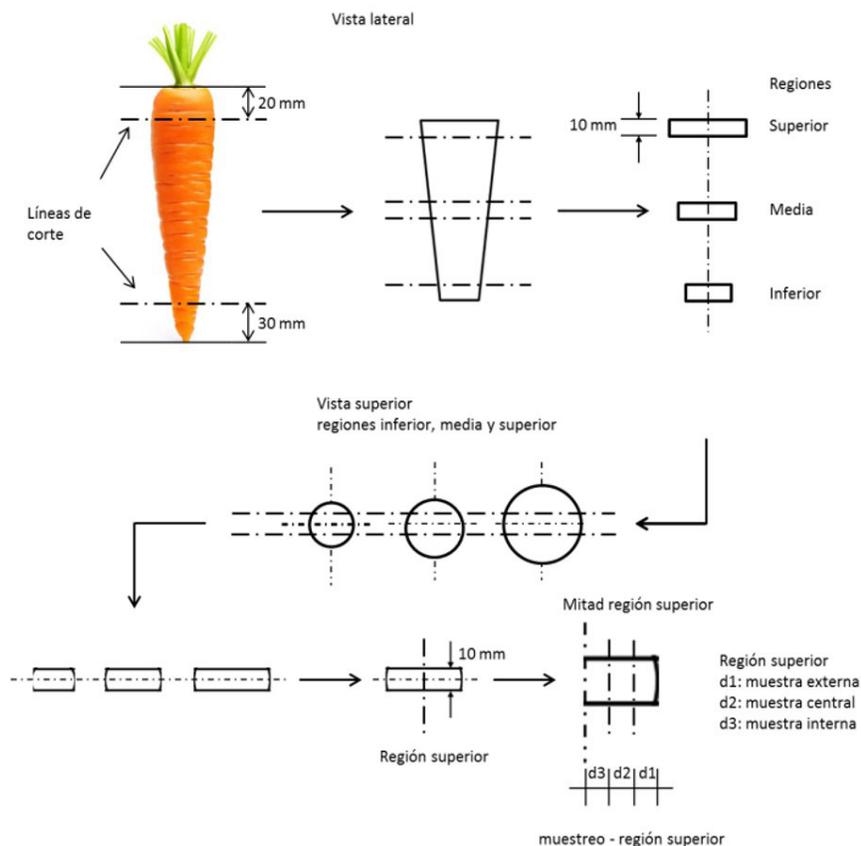
Antes de determinar el arsénico, se realizó una mineralización ácida a las muestras de zanahoria, y luego se midió el arsénico total en un espectrofotómetro de absorción atómica Unicam 929, usando el método estandarizado 3114.C de generación continua de hidruro/espectrometría de absorción atómica (Rice et al., 2012). Antes de sumergir las zanahorias en la solución de arsénico, se recubrieron los extremos con pintura asfáltica impermeable al agua para evitar la transferencia longitudinal del soluto durante la cocción.

La codificación en las leyendas de las figuras corresponde a una muestra (d1, d2 o d3) de una región específica de la zanahoria (superior, media o inferior). Por ejemplo, “d1” se refiere a la porción radial próxima a la parte exterior de la pulpa de zanahoria en una región determinada, como se muestra en la Figura 1.

Se realizó una aproximación del modelo cilíndrico sólido semi-infinito considerando al cuerpo geométrico homogéneo en su totalidad, sin discriminar las partes morfológicas principales de la zanahoria (*xilema* y *floema*).

El cilindro considerado estuvo compuesto por pulpa en su totalidad. La zanahoria cuenta con una concentración inicial de arsénico y su superficie estuvo expuesta a una concentración de solución arsenical constante, Cs.

Figura 1. Secuencia de cortes para la obtención de muestras.



El modelo cilíndrico se basó en los siguientes supuestos.

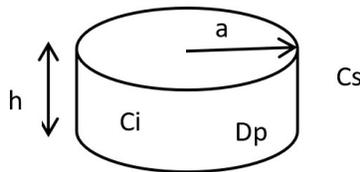
1. La difusión molecular es el único mecanismo de transporte dentro del sólido, de manera que se desprecia transporte convectivo ( $v_x=v_y=v_z=0$ ).
2. La difusión se considera sin generación de sustancias por reacción química.
3. La pulpa de la zanahoria es homogénea e isotrópica con concentración inicial ( $c_i$ ) uniforme.
4. La difusión molecular es unidireccional.
5. La superficie adquiere instantáneamente la concentración de la solución arsenical en el momento de inmersión de las zanahorias en la misma, debido a la gran agitación (1150 rpm) del líquido rodeando las superficies (elevado número de Biot).

$$C_i(x_i, t) = C_{i(x_{sup})} = C_{soluc} ; t > 0$$

6. Se considera proceso isotérmico.

En Figura 2 se muestra el modelo cilíndrico macizo para la muestra región superior.

Figura 2. Modelo cilindro macizo.



Donde:

Cs: concentración de arsénico en la superficie externa de la zanahoria en [ $\mu\text{g/g As}$ ].

Ci: concentración inicial de arsénico promedio en [ $\mu\text{g As/g}$  de zanahoria], valor hallado de las muestras obtenidas de 27 zanahorias.

Dp: coeficiente de difusión de pulpa en [ $\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ].

a: radio de pulpa de la región considerada (superior, media o inferior) en [m].

h: altura de las porciones superior, medio e inferior en [m].

El modelo matemático aplicado en esta investigación fue extraído de (Carslaw & Jaeger, 1959), anteriormente se trabajó en un modelo de placa delgada (Galvez et al., 2024).

Aplicando la segunda ley de Fick para un gradiente de concentración en una sola dirección, la variación de la concentración en el tiempo se puede calcular con la siguiente ecuación en coordenadas cilíndricas:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_p \left( \frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial C}{\partial r} \right) \quad (1)$$

La cual describe los cambios de la concentración con las variables temporal  $t$  y espacial  $r$ . Donde  $D_p$  es el coeficiente de difusión de la pulpa asumido constante durante el proceso. La ecuación 1 está sujeta a las siguientes condiciones: inicial y de frontera:

$$\begin{aligned} \text{CI: } C &= 0; 0 \leq r \leq a; t = 0 \\ \text{CF: } C &= C_s; r = a; t > 0 \end{aligned} \quad (2)$$

La solución general de la ecuación 1 con la condición: inicial y de frontera de la ecuación 2 es:

$$C = C_s - \frac{2C_s}{a} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-D_p \alpha_n^2 t}}{\alpha_n} \frac{J_0(r \alpha_n)}{J_1(a \alpha_n)} \quad (3)$$

Donde los valores propios,  $\alpha_n$  son las raíces positivas de  $J_0(a \alpha_n) = 0$

La concentración volumétrica promedio de la ecuación 3 es:

$$\langle C \rangle = \frac{2}{a^2} \int_0^a r C dr \quad (4)$$

Resolviendo la integral

$$\langle C \rangle = C_s \left( 1 - \frac{4}{a^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-D_p \alpha_n^2 t}}{\alpha_n^2} \right) \quad (5)$$

Los valores de los coeficientes de difusión promedio se calcularon de la ecuación 5 con los datos experimentales volumétricos de concentración de arsénico y radio promedio de las regiones superior, medio e inferior en cada intervalo de tiempo.

### 3 LIMITACIONES DEL MÉTODO USADO

- Se consideró a la pulpa como isotrópica y homogénea, cuando en realidad tienen configuraciones morfológicas distintas. A fin de resolver el modelo

difusional en la varias publicaciones consultadas (Maldonado et al., 2011; Maldonado & Perez, 2014; Maldonado & Zuritz, 2003, 2004) se utilizó la resolución de la 2° ley de Fick que determina un coeficiente de difusión  $D_p$  para la pulpa.

- Se aplica a un determinado rango de temperatura y concentración de arsénico.

## 4 RESULTADOS

Se realizó el blanco del ensayo midiendo la concentración de arsénico en zanahorias sin someterlas a cocción a fin de verificar el contenido inicial del mismo. Los datos experimentales representan el valor promedio de tres repeticiones expresadas en microgramo de arsénico total por gramo de zanahoria ( $\mu\text{gAs/g}$  zanahoria). A éstos se les descontó el contenido inicial de arsénico. El contenido de arsénico igual a 0,127  $\mu\text{g/g}$  zanahoria representa el valor promedio de 243 muestras analizadas, obtenidas de 27 zanahorias crudas antes de iniciar los ensayos, dada la variabilidad biológica de las zanahorias.

En la Tabla 1 se presentan valores de los coeficientes de difusión efectivos de arsénico de las regiones superior, media e inferior en pulpa de zanahoria para los tres tratamientos a una temperatura de 98°C.

Tabla 1. Coeficientes efectivos promedio de difusión ( $\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ) en modelo cilindro macizo homogéneo.

Región	5 $\text{mgL}^{-1}$			10 $\text{mgL}^{-1}$			15 $\text{mgL}^{-1}$		
	$\text{m}^2\text{s}^{-1}$	$r^2$	RMSE	$\text{m}^2\text{s}^{-1}$	$r^2$	RMSE	$\text{m}^2\text{s}^{-1}$	$r^2$	RMSE
Superior	1,45E-08	0,9957	0,0463	1,49E-08	0,9713	0,0618	1,53E-08	0,9858	0,0466
Medio	1,51E-08	0,9868	0,0540	1,80E-08	0,9954	0,0186	1,88E-08	0,9639	0,0747
Inferior	1,96E-08	0,9978	0,0172	1,96E-08	0,9842	0,0393	1,97E-08	0,9949	0,0249

Del análisis de Tabla 1 se observó que los valores de  $D_p$  aumentaron al incrementar la concentración de arsénico de la solución a una temperatura constante de 98°C durante la cocción de las zanahorias.

Se observó que al aumentar el gradiente de concentración de arsénico aumentó la velocidad de avance de las moléculas de arsénico, lo cual también fue corroborado por Maldonado et al. (2003). Los valores hallados de difusividad de arsénico en zanahoria estuvieron en el orden de 1,45E-08 a 1,97E-08  $\text{m}^2\text{s}^{-1}$ , estos fueron consistente con lo hallado por Melquiades et al. (2009), en procesos de hidratación o rehidratación con

agua destilada en zanahorias peladas y cortadas en placas entre  $3,46E-10$  a  $4,59E-10$   $m^2s^{-1}$  en el rango de temperaturas entre  $40-80^{\circ}C$  (Melquiades et al., 2009).

Por su parte, Zambrano et al. (2007) reportó coeficientes de difusión de agua entre  $6,11E-09$  a  $3,18E-09$   $m^2s^{-1}$  a temperaturas entre  $50-93^{\circ}C$  para zanahorias liofilizadas y rehidratadas con agua y soluciones de cloruro sódico y ácido ascórbico. Della Rocca et al. (2014) hallaron un valor del coeficiente de difusión efectiva del agua de  $1,57E-9$   $m^2s^{-1}$  por Osmodehidrocongelación, deshidratando las zanahorias en inmersión de soluciones de sacarosa y cloruro sódico (Della Rocca et al., 2014; Zambrano et al., 2007). Ambos valores son consistentes con los hallados en este trabajo.

También los coeficientes de difusión reportados en la Tabla 1 son consistentes con Saravacos y Maroulis (2001) quienes hallaron valores típicos de difusividad de humedad de varios productos alimenticios a distintas temperatura, entre ellos para zanahoria:  $2,00E-10$   $m^2s^{-1}$  a  $30^{\circ}C$ , de  $2,20E-12$  a  $7,46E-09$   $m^2s^{-1}$  para  $20^{\circ}C$  y  $100^{\circ}C$  (Saravacos & Maroulis, 2001).

Por su parte estos valores son menores que los hallados por Matusek et al. (2002) para difusión de azúcares en zanahorias, cuyos valores fueron del orden de  $10^{-11}$   $m^2s^{-1}$  lo cual es consistente dado que la masa molecular de los azúcares es mucho mayor que la del arsénico (Matusek & Merész, 2002).

## 5 CONCLUSIONES

Se cuantificó el fenómeno de difusión en la zanahoria a la temperatura de  $98^{\circ}C$  a las concentraciones de arsénico de 5, 10 y 15  $mgL^{-1}$ . Los coeficientes efectivos promedios de difusión variaron con las concentraciones de arsénico y los valores hallados para las regiones superior, medio e inferior fueron de  $1,45E-08$ ;  $1,51E-08$  y  $1,96E-08$   $m^2s^{-1}$  para la concentración de As de 5  $mgL^{-1}$ ,  $1,49E-08$ ;  $1,80E-08$  y  $1,96E-08$   $m^2s^{-1}$  para la concentración de As de 10  $mgL^{-1}$  y de  $1,53E-08$ ;  $1,88E-08$  y  $1,97E-08$   $m^2s^{-1}$  para solución arsenical de 15  $mgL^{-1}$ .

Se observó una correspondencia de las concentraciones de arsénico con la distancia radial y avance de penetración de la solución arsenical en el tejido de la zanahoria y la altura del corte realizado en la muestra. En las tres regiones; superior; media e inferior se observaron comportamientos similares donde el contenido de arsénico descendió desde la periferia hacia el centro de la zanahoria, consistente con los datos de los coeficientes de difusión calculados, donde el coeficiente efectivo de difusión en la región central fue menor que el distancia radial hacia afuera de la zanahoria.

Actualmente, en el avance de la Tesis, se está trabajando en el desarrollo de un modelo cilindro compuesto.

## REFERENCIAS

- Carslaw, H. S., & Jaeger, J. C. (1959). *Conduction of heat in solids*. Clarendon press.
- CIMA. (2013). Arsénico en agua. In *Agua + Humedales*. <https://www.funintec.org.ar/contenidos/aguahumedales-es-el-primer-libro-de-la-serie-futuros/>
- Cussler, E. L. (2009). *Diffusion: mass transfer in fluid systems*. Cambridge university press.
- Della Rocca, P., Roche, L., Languasco, J., & Mascheroni, R. %J R. T. y C. (2014). *Modelado de la Cinética de Conservación de Zanahoria (Daucus Carota) por Osmodehidrocongelación*. 24, 141-159.
- Galvez, O. D., Maldonado, M. B., Affranchino, G., & Perez, R. C. (2018). *Resultados parciales en estudios de difusión de arsénico en Daucus carota sp.*
- Galvez, O. D., Maldonado, M. B., Vargas, M. C., Affranchino, G., & Pacheco, J. I. G. %J H. (2024). *Estimation of diffusion coefficients during carrots cooking in arsenious solution at different temperatures*. 10(2).
- Khosravi-Darani, K., Rehman, Y., KATSOYIANNIS, I., Kokkinos, E., & ZOUBOULIS, A. (2022). *Arsenic Exposure via Contaminated Water and Food Sources*. *Water*, 14 (12), 1884.
- Maldonado, M. B., & Perez, R. C. (2014). *A theoretical model of the diffusion process to spherical and isotropic fruits*.
- Maldonado, M. B., & Zuritz, C. A. (2003). Modelación matemática del proceso de tratamiento con hidróxido sódico de aceitunas verdes de mesa. *Grasas y Aceites*, 54(2), 180-187.
- Maldonado, M. B., & Zuritz, C. A. (2004). Difusión de sodio durante el tratamiento alcalino de aceitunas variedad Aloreña. *Grasas Aceites*, 55, 409-414.
- Maldonado, M. B., Zuritz, C. A., Wuilloud, R. G., Bageta, C. R., Terreni, J., & Sánchez, M. J. (2011). A simple model of the diffusion phenomena taking place during the debittering process of green table olives. *Grasas y Aceites*, 62(1), 39-48.
- Marchetti, M. D., Tomac, A., & Perez, S. %J R. A. de S. P. (2021). *Perfil de riesgo para la inocuidad de alimentos: presencia de arsénico en Argentina*. 13, 191-200.
- Matussek, A., & Merész, P. %J P. P. C. E. (2002). *Modelling of sugar transfer during osmotic dehydration of carrots*. 46(1-2), 83-92.
- Melquíades, Y. I., López, C., & Rosas, M. E. (2009). Estudio de la cinética de rehidratación de zanahoria (*Daucus Carota*) deshidratadas. *Información Tecnológica*, 20(3), 65-72.
- Rice, E. W., Baird, R. B., Eaton, A. D., & Clesceri, L. S. (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (Vol. 10). American public health association Washington, DC.
- Saravacos, G. D., & Maroulis, Z. B. (2001). *Transport properties of foods*. CRC Press.
- Shrivastava, A. (2021). *Dietary Arsenic Exposure: Sources and Risks*. 95-125.
- Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17(5), 517-568.
- Tijksens, L. M. M., Hertog, M., & Nicolai, B. M. (2001). *Food process modelling* (Vol. 59). Woodhead Publishing.
- Upadhyay, M. K., Shukla, A., Yadav, P., & Srivastava, S. %J F. chemistry. (2019). *A review of arsenic in crops, vegetables, animals and food products*. 276, 608-618.
- Zambrano, M. L., Rodríguez, D. B., & Álvarez, A. (2007). Estudio cinético y de superficie de respuesta para la rehidratación de zanahorias (*Daucus carota*) liofilizadas. *Información Tecnológica*, 18(4), 47-56.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**Xosé Somoza Medina** (1969, Ourense, España) Licenciado con Grado y premio extraordinario en Geografía e Historia por la Universidad de Santiago de Compostela (1994). Doctor en Geografía e Historia por la misma universidad (2001) y premio extraordinario de doctorado por su Tesis “Desarrollo urbano en Ourense 1895-2000”. Profesor Titular en la Universidad de León, donde imparte clases desde 1997. En la Universidad de León fue Director del Departamento de Geografía entre 2004 y 2008 y Director Académico de la Escuela de Turismo entre 2005 y 2008. Entre 2008 y 2009 ejerció como Director del Centro de Innovación y Servicios de la Xunta de Galicia en Ferrol. Entre 2007 y 2009 fue vocal del comité “Monitoring cities of tomorrow” de la Unión Geográfica Internacional. En 2012 fue Director General de Rehabilitación Urbana del Ayuntamiento de Ourense y ha sido vocal del Consejo Rector del Instituto Ourenseño de Desarrollo Local entre 2011 y 2015. Ha participado en diversos proyectos y contratos de investigación, en algunos de ellos como investigador principal, con temática relacionada con la planificación urbana, la ordenación del territorio, las nuevas tecnologías de la información geográfica, el turismo o las cuestiones demográficas. Autor de más de 100 publicaciones relacionadas con sus líneas de investigación preferentes: urbanismo, turismo, gobernanza, desarrollo, demografía, globalización y ordenación del territorio. Sus contribuciones científicas más importantes se refieren a la geografía urbana de las ciudades medias, la crisis del medio rural y sus posibilidades de desarrollo, la evolución del turismo cultural como generador de transformaciones territoriales y más recientemente las posibilidades de reindustrialización de Europa ante una nueva etapa posglobalización. Ha participado como docente en masters y cursos de especialización universitaria en Brasil, Bolivia, Colombia, Paraguay y Venezuela y como docente invitado en la convocatoria Erasmus en universidades de Bulgaria (Sofía), Rumanía (Bucarest) y Portugal (Porto, Guimarães, Coimbra, Aveiro y Lisboa). Ha sido evaluador de proyectos de investigación en la Agencia Estatal de Investigación de España y en la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). Como experto europeo en Geografía ha participado en reuniones de la Comisión Europea en Italia y Bélgica. Impulsor y primer coordinador del proyecto europeo URBACT, “come Ourense”, dentro del Programa de la Unión Europea “Sostenibilidad alimentaria en comunidades urbanas” (2012-2014). Dentro de la experiencia en organización de actividades de I+D+i se pueden destacar la organización de diferentes reuniones científicas desarrolladas dentro de la Asociación de Geógrafos Españoles (en 2002, 2004, 2012 y 2018).

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adubação orgânica 82, 83, 90

Agricultores 49, 57, 69, 70, 71, 72, 77, 84, 85, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105

Agricultura familiar 69, 83

Águas subterrâneas 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 101, 108

Argélia 46, 47, 48, 49

Arsênico 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

Atenuación 21, 29, 30

### B

Biskra 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

### C

Cargas de combustibles 31, 33, 34, 36, 37, 38, 42

Coeficientes efectivos de difusión 107

Cyclical time 116, 117, 125, 130

### D

Diagnóstico experimental 46, 47

Digitalização agrícola 92, 104

Dry weight of roots 60, 64, 65, 66

Dry weight of shoot 60, 64, 65, 66

### E

Electro-neumática 7, 8, 12

Electrónica Industrial 7, 8, 20

Espécie espontânea 69, 72, 80, 83

Espécie espontânea da caatinga 83

Eternal present 116, 117, 118, 121, 125, 130, 131

Ética 1, 3, 4

### G

Geometría cilíndrica 21

Granger causality 138, 148, 150

## H

Hordeum vulgare L. 60, 61

Humedad relativa 31, 35, 36, 37, 39, 40, 41

## I

Ingeniería industrial 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 19, 20

Irrevocable sadness 116, 120, 121, 122, 124, 130

## J

Japanese basic vocabulary 138, 139, 140

## L

Linguistic rhythm 138, 157

## M

Modelo cilíndrico 107, 110, 111

Modelos de combustibles 31, 33, 34, 35, 36, 38, 41, 42

MOOCs 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106

## N

Nanomedicina 1, 2, 3, 4, 5, 6

## P

PLC 7, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20

Produção orgânica 69, 79, 90

Propagación en materia 21

## R

Radiación electromagnética 21

Regiões áridas 46, 47

## S

Sensores 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 101

Social synchronization 138, 157

Sociedad 1, 2, 4, 5, 6

Symbolic numerology 116

## T

The invisible 116, 117, 120, 121, 122, 130, 131

Transferencia de masa 107

Triticosecale Wittmack 60, 61

Triticum aestivum L. 60, 61

Twitter/X 138

## V

Verbally unexpressed absence 116, 120, 131

## Z

Zanahoria 107, 109, 110, 111, 113, 114, 115